

## TD – ACV de systèmes d’assainissement

Version 7 – Avril 2018

### Correction

Laureline Catel, Evelyne Couliou, Mathilde Ceccaldi

## Partie 1 : Exercice de comparaison entre système centralisé et décentralisé

### 1. Complétez la base de données (BDD)

#### 1.1. Eléments du scénario 1

##### 1.1.1. Créez la canalisation qui relie l’extension de Grabels à la STEP de Grabels

Inventaire de la canalisation à modéliser :

- « Canalisation béton 135A,  $\varnothing$  intérieur 1 000 mm, profondeur fil d’eau 2,20 m » → **15 000 m**
- « Regard de visite béton profondeur 2,20 pour réseau pluvial avec cunette et tampon fonte » → **125**
- « Poste de relevage préfabriqué 1200 l pour 625 EH » → **1**
- « Poste de relevage préfabriqué 1200 l pour 375 EH » → **1**
- « Equipe pose de canalisations » → **1 250 h**
- « Equipe poste de relevage » → **32 h**

Il existe plusieurs façons de modéliser la canalisation (et les regards de visite et les postes de relevage):

- Créer un sous-ensemble (ou un sous-réseau) dédié à cette canalisation, puis inclure ce sous-ensemble (ou sous-réseau) dans le réseau de collecte de Saussan. C’est le cas dans ce TD.
- Dupliquer le réseau de collecte de Saussan et ajouter directement la canalisation, les regards de visite et les postes de relevage dans « Composants » et les travaux associés dans « Travaux ».

Il est avantageux de créer des sous-ensembles et des sous-réseaux lorsqu’ils représentent des éléments souvent utilisés dans un réseau de collecte complet (qui seront donc utilisés dans plusieurs modèles).

### 2. Modélisez les deux scénarios

Eléments sources d’erreur à vérifier :

- Durées de vie : 30 ans pour les stations, 50 ans pour les réseaux.
- Nombres d’EH raccordés pour chaque station et chaque réseau.

Ci-dessous voici les images des scénarios que vous devez obtenir.

Scénario 1 : centralisé

Nom Scénario 1 : centralisé

Descriptif

Auteur ordinateur

Date 3 sept. 2015 14:39:35

Electricité Mix électrique Français : moyenne tension, au point d'utilisation

**Réseaux de collecte**

Réseau	Branchements	EH	EH/branch.	Durée de vie
Grabels - réseau mité	1 705	4 000	2,35	50
Réseau TD extension Grabels	602	1 000	1,66	50

Supprimer Nouveau

**Stations**

Station	Capacité	EH raccordés	Durée de vie
STEP TD scénario 1 : Boues activées, trait. boues par LSPR (5 200 E...	5 200	5 000	30

OK Annuler

Scénario 2 : décentralisé

Nom Scénario 2 : décentralisé

Descriptif

Auteur ordinateur

Date 3 sept. 2015 14:39:35

Electricité Mix électrique Français : moyenne tension, au point d'utilisation

**Réseaux de collecte**

Réseau	Branchements	EH	EH/branch.	Durée de vie
Grabels - réseau mité	1 705	4 000	2,35	50
Saussan - réseau mité accidenté	602	1 000	1,66	50

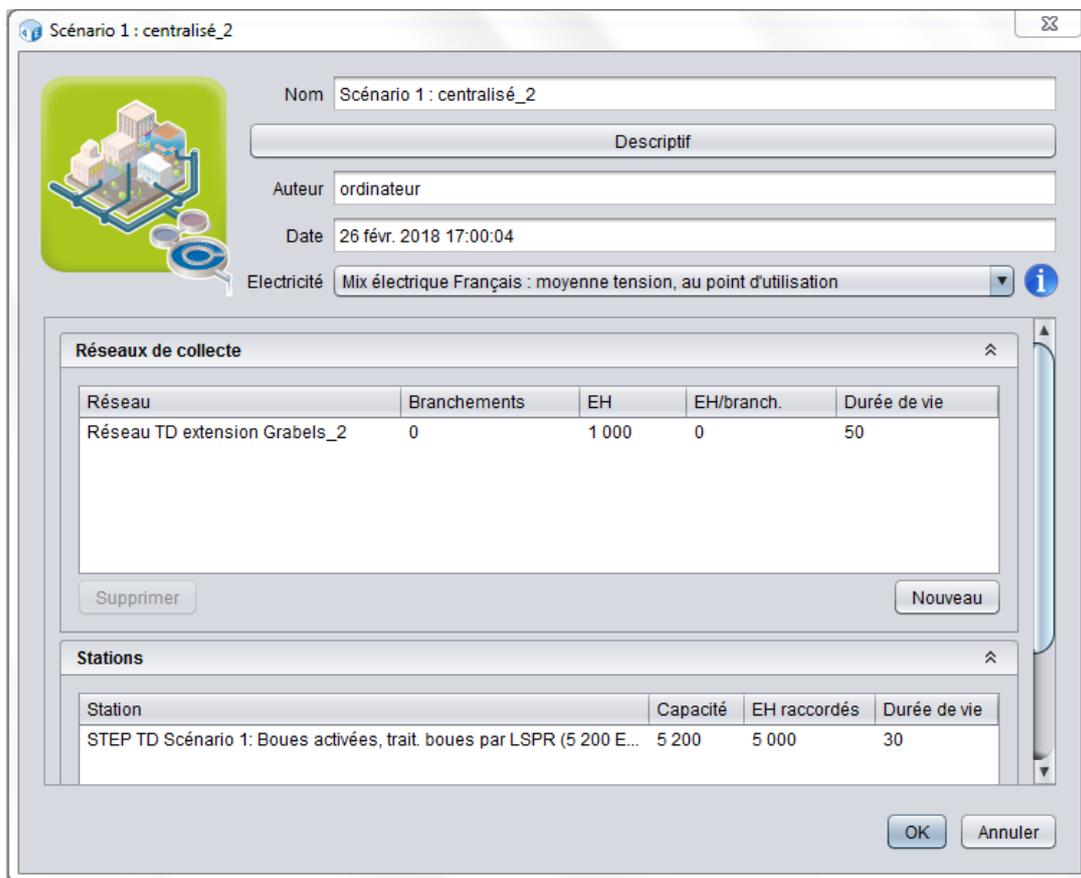
Supprimer Nouveau

**Stations**

Station	Capacité	EH raccordés	Durée de vie
STEP TD scénario 2 : Boues activées, trait. boues par LSPR (5 200 EH)	5 200	4 000	30
STEP TD scénario 2 : Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (1000 EH)	1 000	1 000	30

OK Annuler

Dans le cas où vous réalisez l'exercice de retirer de la comparaison les réseaux de Grabels et de l'extension de Grabels (identiques dans les deux scénarios), les scénarios que vous devez obtenir sont les suivants :



Scénario 1 : centralisé\_2

Nom Scénario 1 : centralisé\_2

Descriptif

Auteur ordinateur

Date 26 févr. 2018 17:00:04

Electricité Mix électrique Français : moyenne tension, au point d'utilisation

**Réseaux de collecte**

Réseau	Branchements	EH	EH/branch.	Durée de vie
Réseau TD extension Grabels_2	0	1 000	0	50

Supprimer Nouveau

**Stations**

Station	Capacité	EH raccordés	Durée de vie
STEP TD Scénario 1: Boues activées, trait. boues par LSPR (5 200 E...	5 200	5 000	30

OK Annuler

Ici, le réseau représentant l'extension de Grabels est constitué seulement du sous-ensemble de la canalisation de 10km, puisqu'on a retiré la partie représentant le réseau de Grabels et le réseau de l'extension de Grabels (modélisé à partie du réseau de Saussan).

En revanche, les STEP restent identiques.

Nom Scénario 2 : décentralisé\_2

Descriptif

Auteur ordinateur

Date 26 févr. 2018 17:02:23

Electricité Mix électrique Français : moyenne tension, au point d'utilisation

**Réseaux de collecte**

Réseau	Branchements	EH	EH/branch.	Durée de vie

Supprimer Nouveau

**Stations**

Station	Capacité	EH raccordés	Durée de vie
STEP TD Scénario 2: Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (1000 E...	1 000	1 000	30
STEP TD Scénario 2: Boues activées, trait. boues par LSPR (5 200 EH)	5 200	4 000	30

OK Annuler

Pour la suite du TD, la correction a été réalisée en prenant les deux scénarios originaux, c'est-à-dire lorsqu'ils contiennent les réseaux de Grabels et de l'extension de Grabels.

### 3. Analysez les impacts des deux scénarios indépendamment

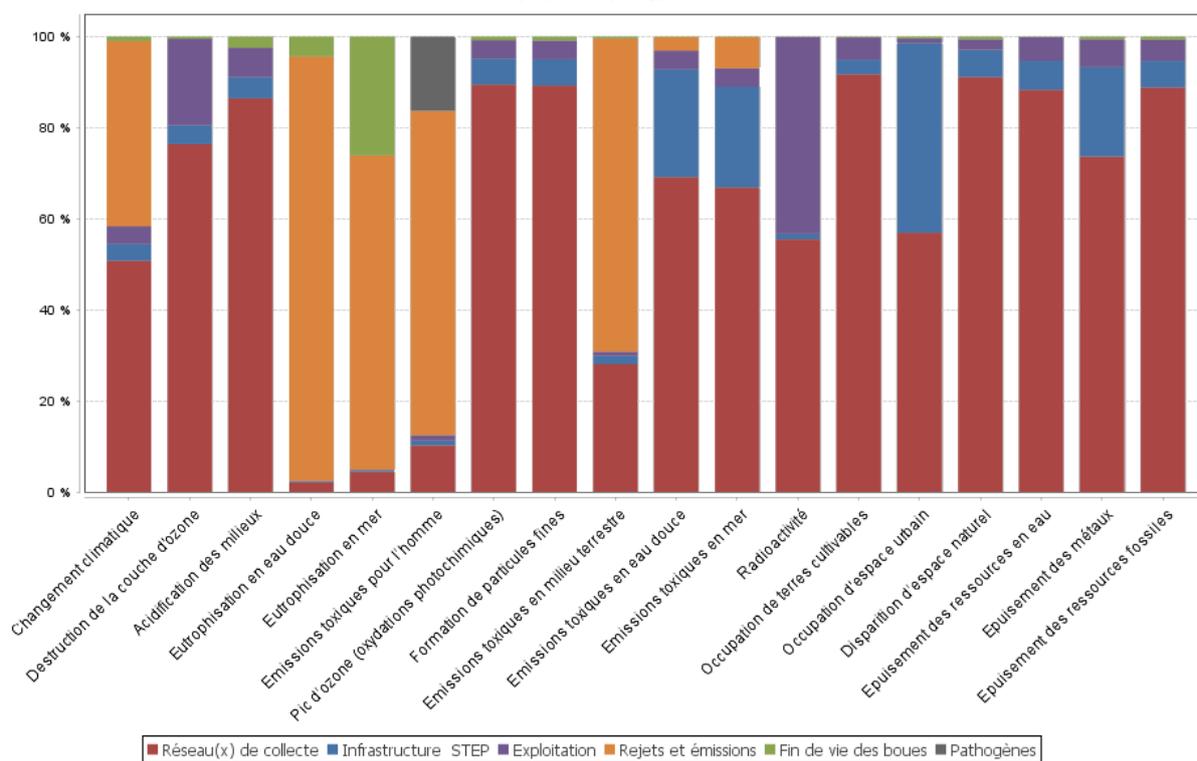
- a. En regardant les impacts et les dommages environnementaux, pouvez-vous définir un contributeur principal ?

Pour les deux scénarios, le réseau de collecte est l'un des principaux contributeurs pour la majorité des indicateurs, surtout pour le scénario 1 dans lequel il y a une canalisation supplémentaire. En effet le réseau représente entre 33% et 82% des dommages pour le scénario 2, et entre 46% et 89% des dommages pour le scénario 1 ! C'est un élément important à prendre en compte qui a souvent été négligé dans les ACV de systèmes d'assainissement où l'on se concentrait sur les stations d'épuration.

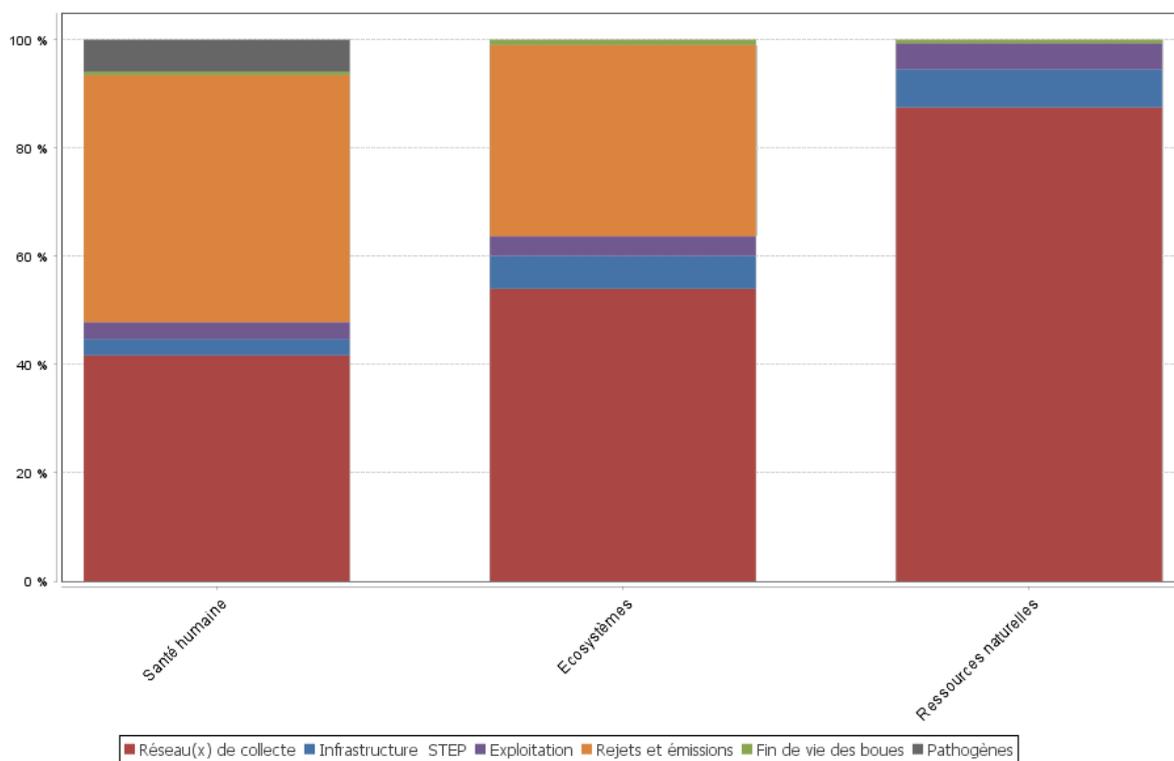
Notons aussi les contributions très importantes des rejets et émissions sur les indicateurs d'eutrophisation, d'émissions toxiques en milieu terrestre et de changement climatique, qui induisent des dommages importants sur la santé humaine et les écosystèmes.

Dans le cas du scénario 2, l'infrastructure de la STEP contribue également fortement à certains impacts.

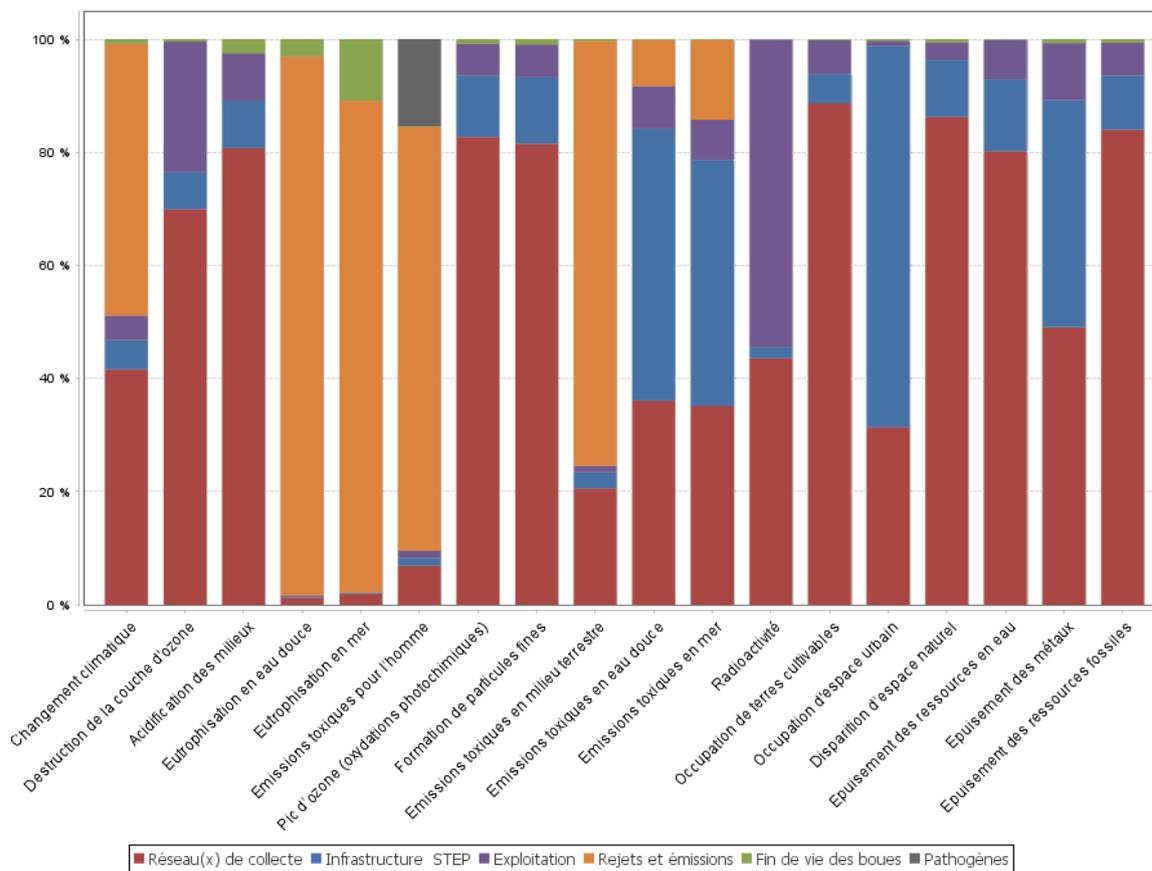
Scénario 1 : centralisé  
(impacts/(EH-j))



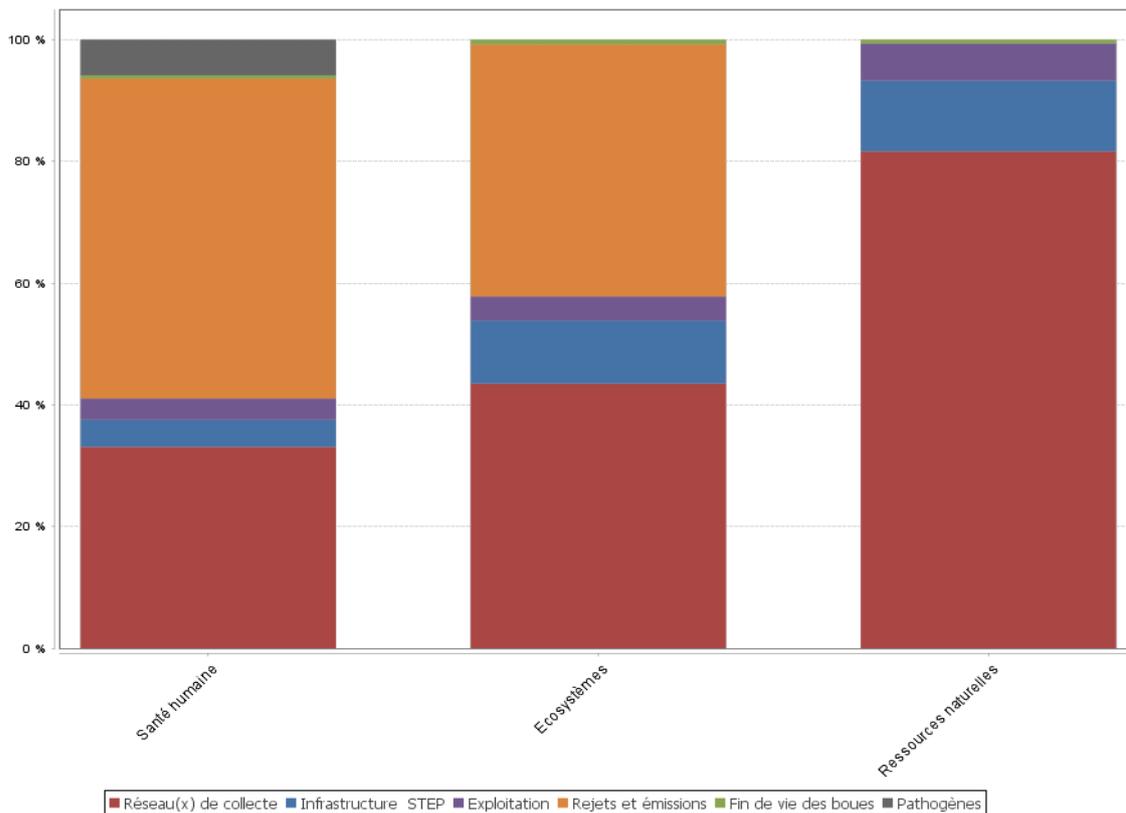
Scénario 1 : centralisé  
(dommages/(EH-j))



**Scénario 2 : décentralisé**  
(impacts/(EH·j))



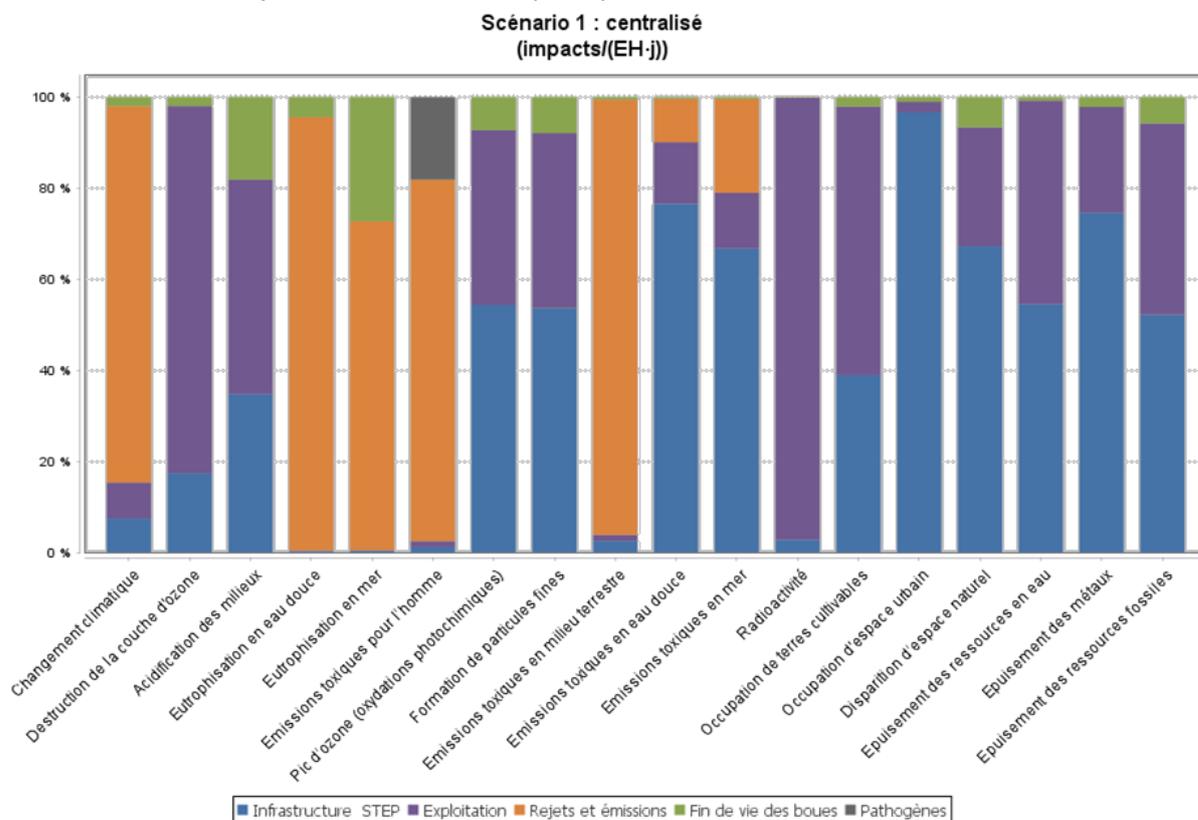
**Scénario 2 : décentralisé**  
(dommages/(EH·j))



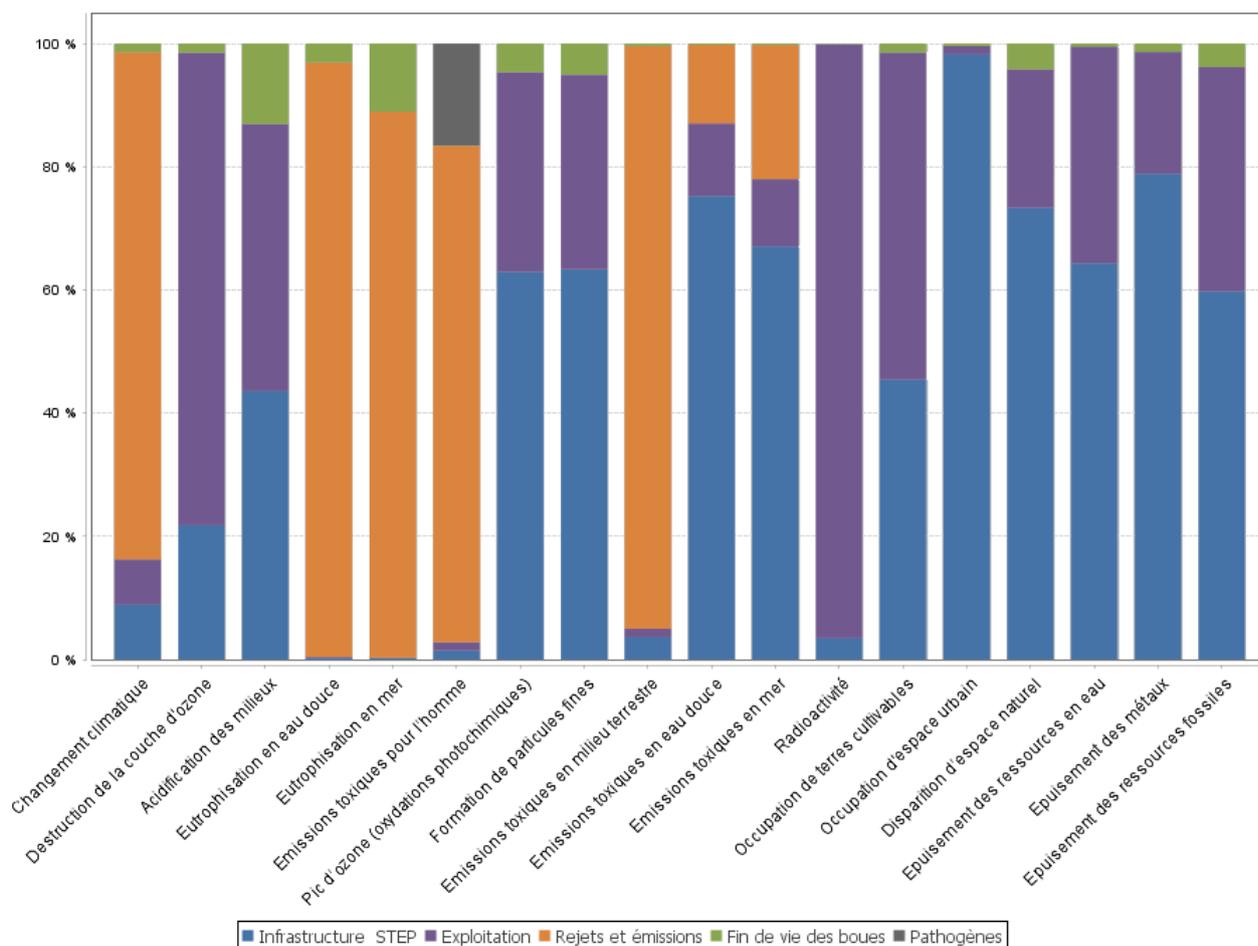
- b. Regardez maintenant les impacts et décochez la contribution du réseau (autrement dit on se focalise sur la STEP). Pouvez-vous déterminer un contributeur principal ?

*La réponse est valable pour les deux scénarios.*

Non, les principaux contributeurs varient selon la catégorie d'impact. Notons que le poste « Fin de vie des boues » n'est jamais le contributeur principal.



Scénario 2 : décentralisé  
(impacts/(EH-j))



- c. Toujours en décochant la contribution du réseau, regardez les impacts un à un : les contributions vous paraissent-elles cohérentes ? Intuitives ?

*La réponse est valable pour les deux scénarios.*

Les contributions des rejets et émissions pour le changement climatique, l'eutrophisation et les émissions toxiques pour l'homme et les écosystèmes sont intuitives puisque la STEP rejette directement des polluants dans l'environnement (émissions liées à l'activité de premier plan de la STEP).

Les contributions de l'infrastructure de la STEP sont beaucoup moins intuitives car ce sont des impacts indirects liés à la production, au transport et à la fin de vie des matériaux de construction et aux travaux (impacts liés aux activités d'arrière-plan de la STEP). Idem pour l'exploitation (consommation électrique, réactifs, etc.).

L'impact largement dominant de l'exploitation pour la catégorie « Radioactivité » (respectivement 97 % et 95 % pour les scénarios 1 et 2) est lié à la consommation électrique des STEP. En effet nous avons utilisé de l'électricité française, or celle-ci est majoritairement d'origine nucléaire (75 %), technologie émettrice de radioactivité. De plus étant donné qu'aucun réactif chimique n'est utilisé

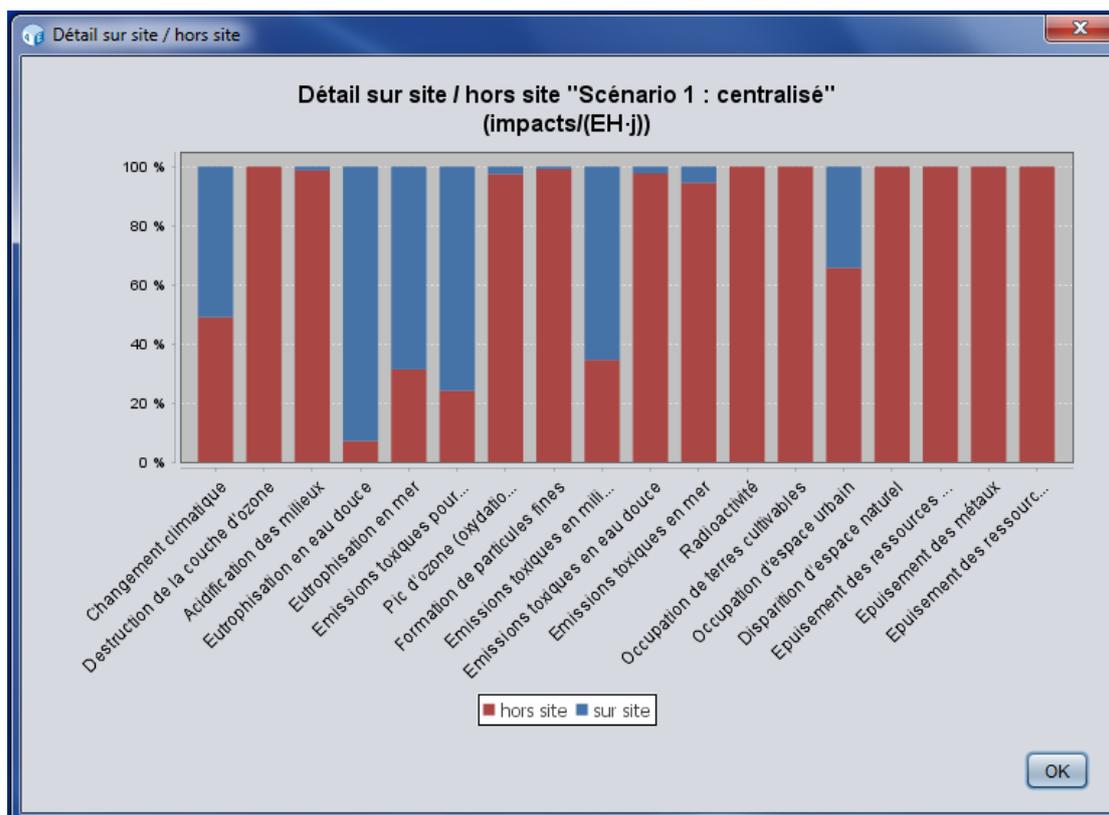
dans les deux scénarios, la majorité des impacts de l'exploitation est due à la consommation électrique des STEP. Vous pouvez modifier le mix électrique pour observer les différences.

On observe quasiment aucun impact de la fin de vie des boues sur les émissions toxiques pour l'homme et les écosystèmes, alors que toutes les boues sont épandues et donc que les polluants sont transférés dans le sol, l'eau et l'air. Cela s'explique par le fait que le modèle d'émissions au champ utilisé dans le logiciel n'inclut pas encore les micropolluants transférés aux boues lors du traitement de l'eau (qui sont renseignés dans le bilan matière, voir la fenêtre correspondante dans les STEP).

Notons aussi l'impact potentiel important des pathogènes sur la catégorie « émissions toxiques pour l'homme », lequel est largement réduit lorsqu'on regarde les dommages sur la santé humaine. Attention : les impacts des pathogènes ne sont pas encore inclus dans les méthodes d'ACV à cause de verrous méthodologiques, mais font l'objet d'une recherche croissante. La méthode qui a été développée afin de pouvoir inclure ces impacts dans ACV4E se base sur des travaux récents et fait l'objet d'un rapport complet. Néanmoins nous mettons en garde les utilisateurs que les résultats obtenus comportent une grande incertitude (non quantifiée) car de nombreuses hypothèses ont été faites et des données manquent pour certains types de stations d'épuration.

- d. *A présent, cliquez sur le bouton « Détail sur site / hors site » pour afficher les résultats en distinguant les impacts arrivant sur le site de la station par rapport aux impacts arrivant dans le reste du monde (les résultats affichés sont les mêmes que vous cochiez la case de contribution des réseaux ou non). La réponse est valable pour les deux scénarios.*

Pour les indicateurs d'impacts globaux (changement climatique, radioactivité, épuisement des ressources) ce sont les impacts hors site qui sont majoritaires. Ces impacts sont liés à la production et au transport de matériaux et équipements pour l'infrastructure de la station, qui ne sont pas fabriqués sur site. Pour le changement climatique cependant, les impacts sur site représentent la moitié de l'impact : cela est dû aux émissions directes de la station, particulièrement les émissions de gaz à effets de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>). Pour les impacts locaux ou régionaux (eutrophisation en eau de mer et eau douce, émissions toxiques pour l'homme), ce sont les impacts sur site qui sont majoritaires : ils sont liés aux émissions directes de la station dans le milieu environnant. Les impacts sur site ont également une importance non négligeable pour l'indicateur d'occupation des terres urbaines, ceci étant dû à l'occupation de la terre par le site de la station.



#### 4. Comparez les impacts environnementaux des deux scénarios

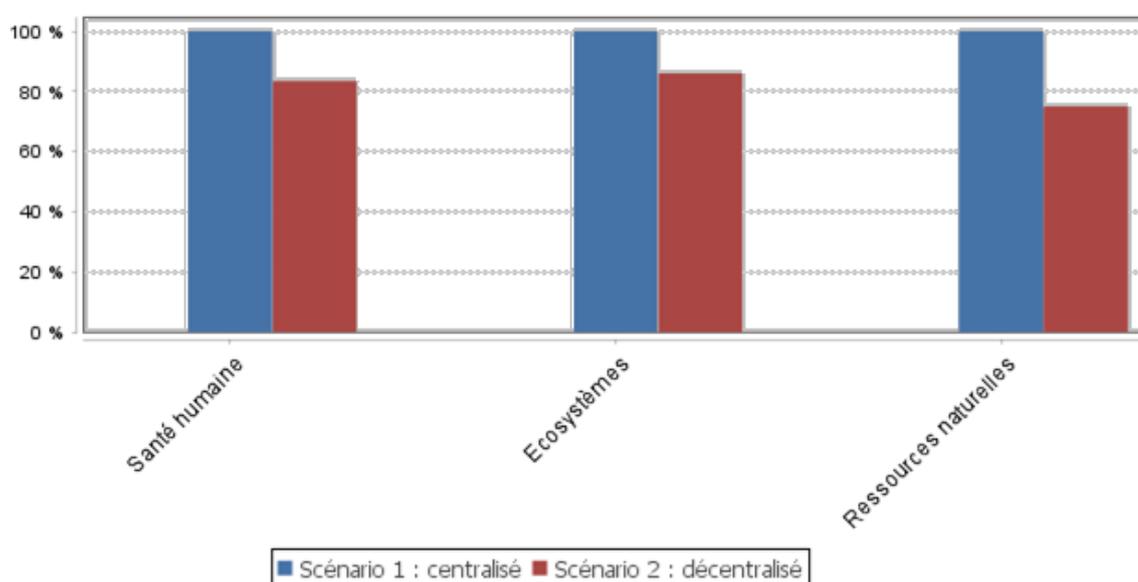
##### 4.1. Via une procédure d'aide au choix

→ Objectif : Faire un choix entre les deux scénarios

e. Pouvez-vous déterminer le meilleur scénario d'un point de vue environnemental ? Si oui, à quelle étape ?

La procédure permet de conclure à l'étape 4, lorsque tous les indicateurs indiquent que le scénario décentralisé est meilleur que le scénario centralisé.

**Etape 4 : Ce graphique est le graphique de dommages conventionnel classiquement utilisé en ACV. Les dommages regroupent toutes les catégories d'impacts, y compris celles qui ont été supprimées aux étapes précédentes.**



##### 4.2. Via une visualisation simplifiée des impacts

→ Objectif : Faire un choix entre les deux scénarios

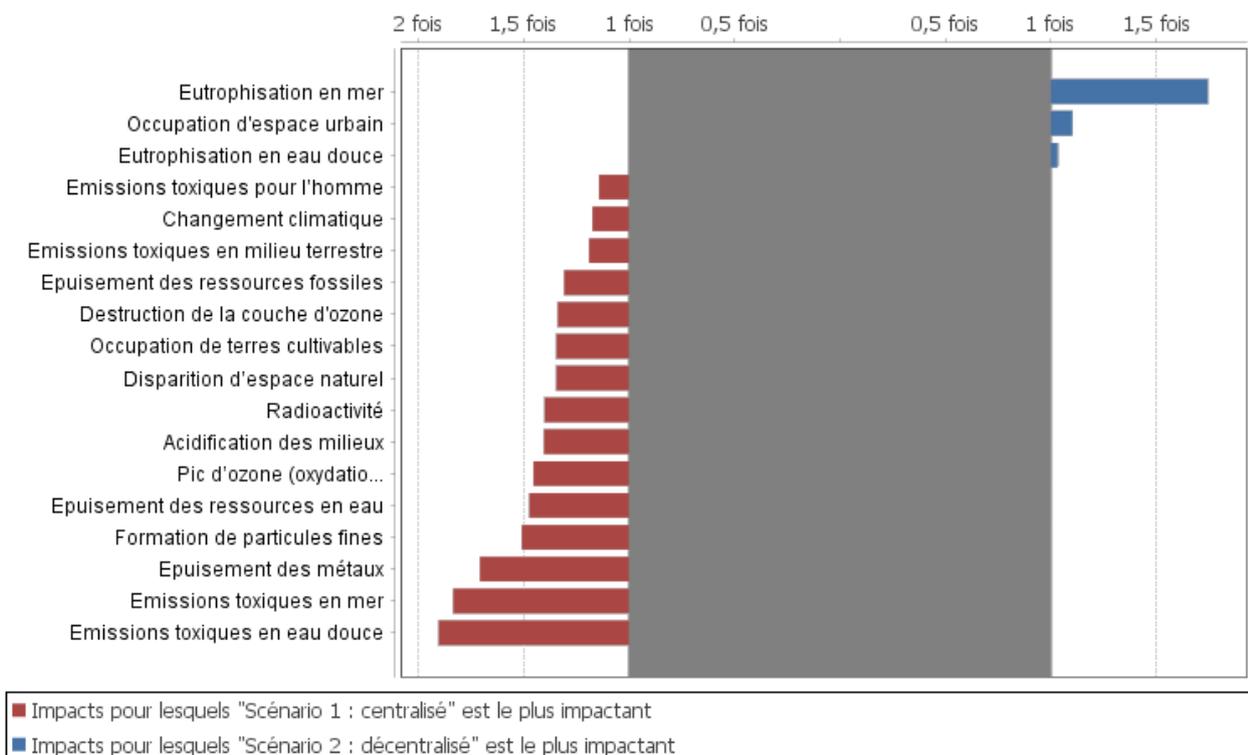
f. A l'étape 1, comparer les proportions des différents impacts et le nombre d'impacts où les scénarios sont respectivement les plus impactants. Commentez.

Le scénario décentralisé est plus impactant pour l'eutrophisation en mer, l'eutrophisation en eau douce et l'occupation d'espace urbain. Le scénario centralisé est plus impactant pour tous les autres indicateurs. Le scénario décentralisé est donc plus mauvais pour 3 indicateurs et dans des proportions faibles tandis que le scénario centralisé est plus mauvais pour 15 indicateurs, dans des proportions plus élevées.

Par ailleurs, on peut considérer que les scénarios sont équivalents pour l'eutrophisation en eau douce car les proportions sont très proches de 1.

Vous pouvez vérifier ces résultats en les comparant au graphique de l'étape 1 de la procédure d'aide.

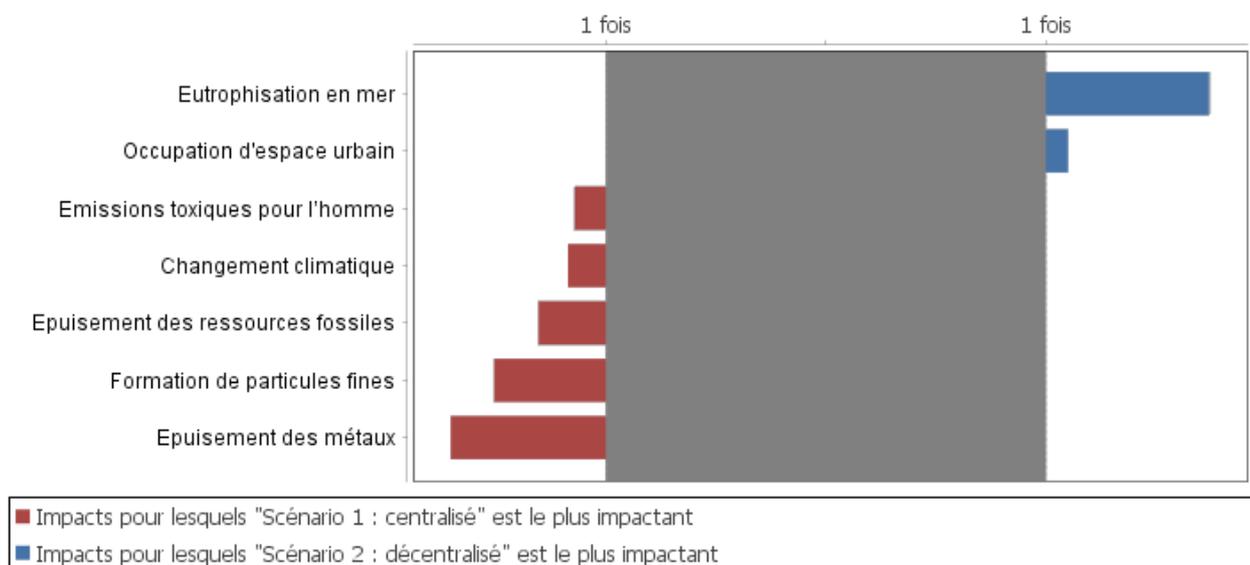
**Etape 1 : Ce graphique présente la comparaison entre les deux scénarios de manière plus intuitive que le graphique d'impacts classique en ACV. Pour chaque impact on fait apparaître combien de fois un scénario est plus impactant que l'autre. La zone grisée correspond à la zone où les deux scénarios sont équivalents.**



*g. Que pouvez-vous dire des résultats à l'étape 2 ?*

La suppression des impacts négligeables en termes de dommages permet d'obtenir des résultats dans la même configuration qu'à l'étape 1 : le scénario décentralisé est moins impactant que le scénario centralisé. De plus, le graphique est biaisé par le fait que l'indicateur « eutrophisation en mer » soit retenu par précaution car il n'est pas quantifié en dommages actuellement.

**Etape 2 : Dans ce graphique on supprime les impacts dont le dommage est négligeable par rapport à celui provoqué par d'autres impacts (pour chaque catégorie de dommage on supprime les impacts dont le dommage est 100 fois inférieur au dommage provoqué le plus élevé). L'impact « Eutrophisation en mer » est conservé ici car on ne sait pas quantifier ses dommages.**



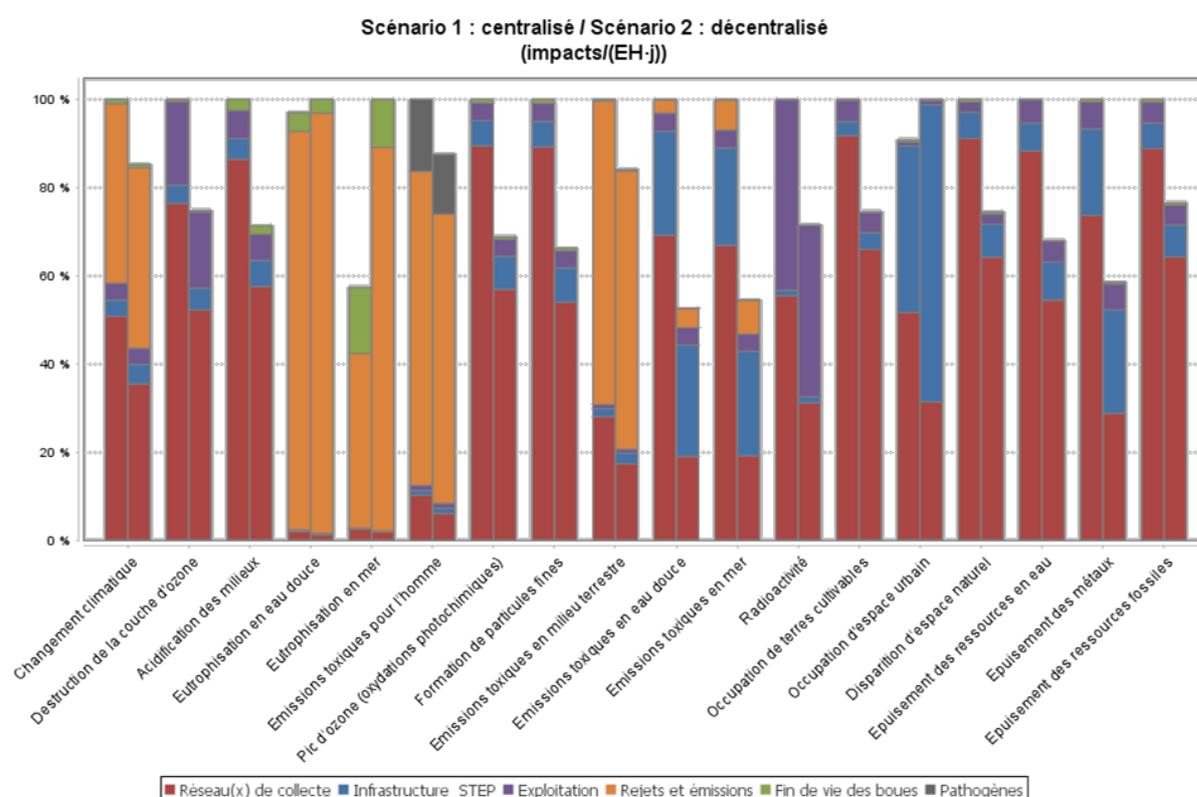
## En visualisant l'origine des impacts/dommages

### → Objectif : Expliquer les différences d'impacts entre les deux scénarios

- h. En affichant les impacts, expliquez les impacts du scénario décentralisé sur l'eutrophisation et l'occupation d'espace urbain.

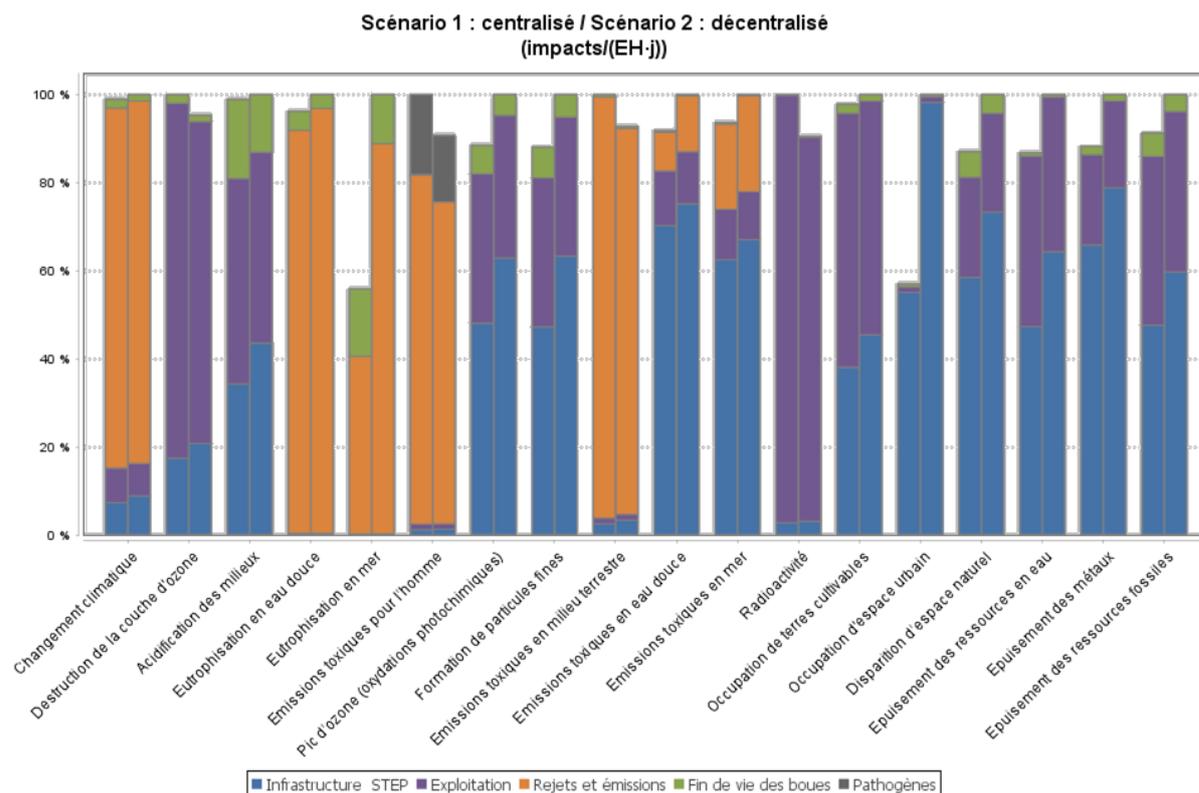
Le scénario décentralisé est plus impactant concernant l'eutrophisation car les rendements épuratoires des filtres plantés de roseaux sont inférieurs à ceux d'une station à boues activées (donc les rejets et émissions sont plus élevés).

Le scénario décentralisé présente un impact important concernant l'occupation d'espace urbain car les filtres plantés de roseaux occupent beaucoup d'espace par rapport à une station à boues activées (filière extensive versus intensive). Voir la contribution « Infrastructure STEP ».



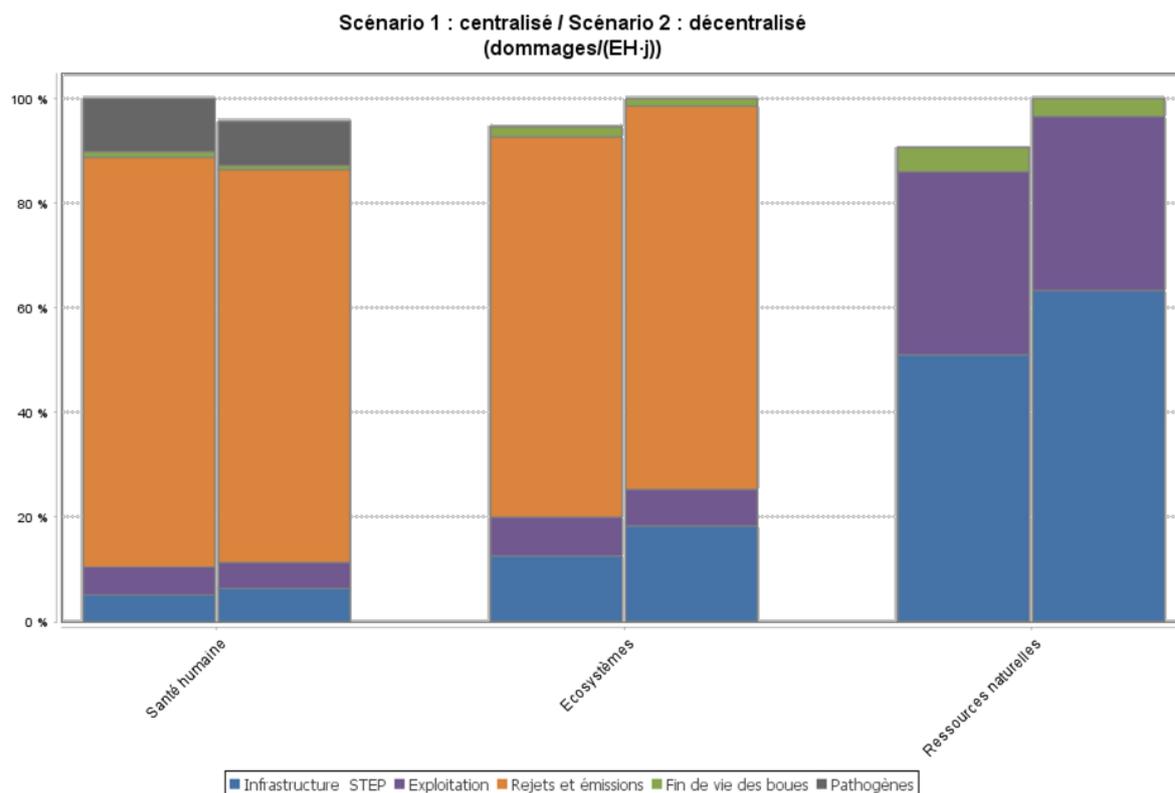
- i. Décochez les impacts liés au réseau et observez les résultats. Qu'en déduisez-vous ? Vous pouvez cocher-décocher les différentes contributions pour faciliter l'interprétation.

Si on supprime le réseau alors les différences entre scénario centralisé et décentralisé sont moins contrastées et pour plusieurs indicateurs, le scénario centralisé devient meilleur d'un point de vue environnemental (ce qui est logique puisqu'il n'y a qu'une station au lieu de deux, pour le même nombre d'EH à traiter). Autrement dit la configuration du réseau joue un rôle important dans les résultats d'ACV.



j. Affichez les dommages (toujours en décochant les impacts liés au réseau). Avez-vous la même interprétation qu'avec les impacts ?

Oui : les différences entre scénario centralisé et décentralisé sont moins contrastées en ne prenant pas en compte le réseau, d'autant plus ici lorsque ce résultat dépend de l'indicateur considéré. L'interprétation est facilitée car il n'y a que trois critères, cependant l'incertitude des résultats est plus élevée. Même si l'interprétation des résultats en midpoint est privilégiée car plus riche et moins incertaine, les résultats en endpoint sont utiles pour conforter ou au contraire nuancer les résultats en midpoint, mais aussi pour communiquer des résultats d'ACV à un public non averti.

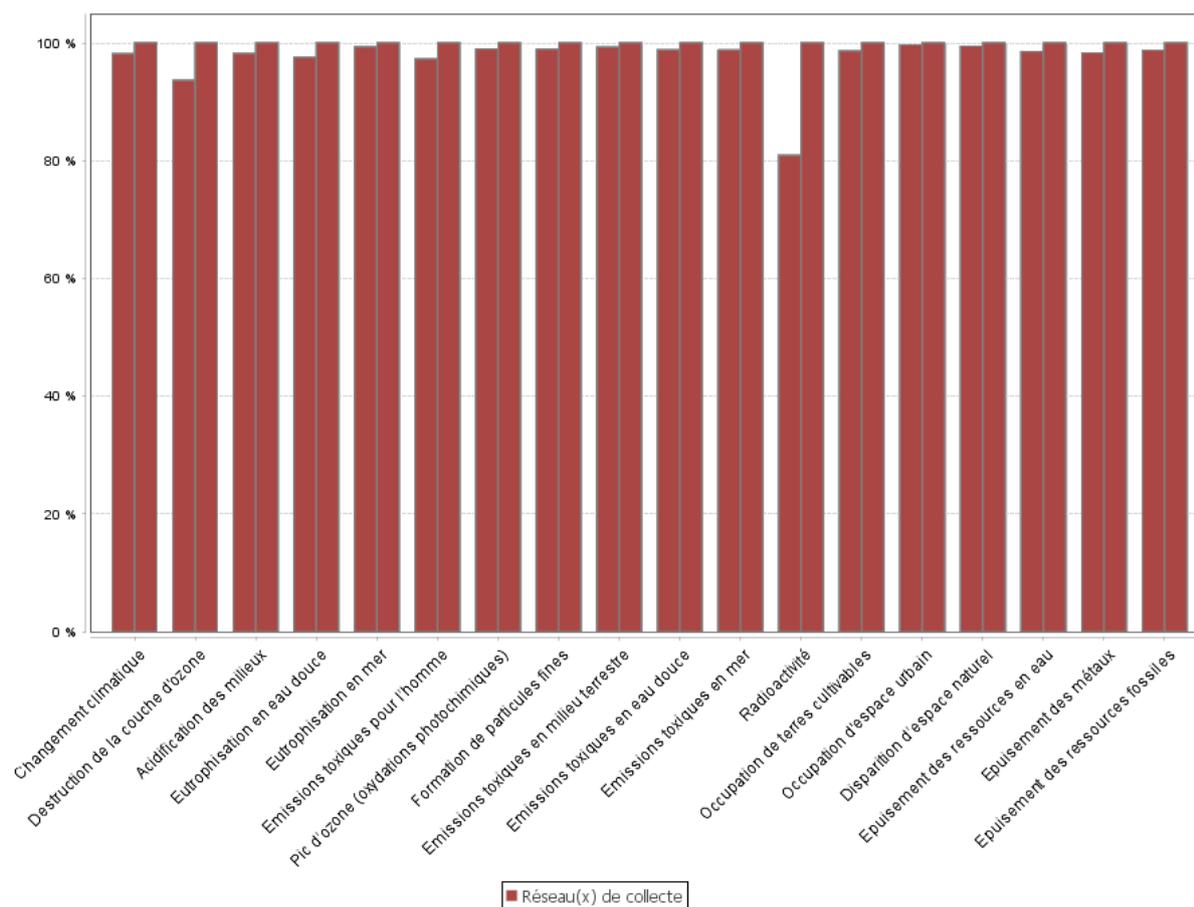


- k. Pour le scénario 1, augmentez la consommation électrique du poste de relevage pour 625 EH (par exemple de 7,5 à 15 kWh/j) et observez son incidence sur les impacts de ce scénario :  
 Pour cela vous devez dupliquer le poste de relevage existant et modifier sa consommation électrique. Cela implique ensuite des modifications en cascade : dupliquez le sous-ensemble qui inclut le poste de relevage, ainsi que le réseau de l'extension de Grabels. Créez ensuite un nouveau scénario. Comparez ce nouveau scénario et le scénario centralisé de base. Décochez tous les contributeurs sauf le réseau de collecte\*. Entre ces deux scénarios, seule la consommation électrique est différente : cela permet d'observer les catégories d'impacts affectées par ce paramètre.

\* Dans les résultats, la consommation électrique des postes de relevage est incluse dans « Réseau(x) de collecte » et non dans « Exploitation ».

Globalement la consommation électrique du poste de relevage a peu d'influence sur les résultats (variations en majorité inférieures à 10 %). Les catégories d'impacts les plus affectées par la consommation électrique et donc la production d'électricité sont les radiations ionisantes et la destruction de la couche d'ozone.

Scénario 1 : centralisé / Scénario 1 : centralisé (conso PR augmentée)  
(impacts/(EH-j))



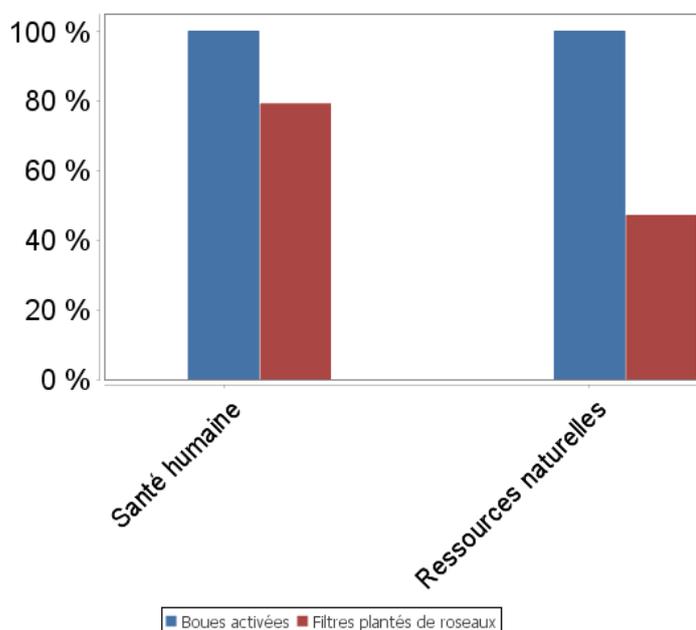
## Partie 2 : Comparaison de 2 technologies de traitement

### 1. Comparez une station à boues activées et des filtres plantés de roseaux

- a. Pouvez-vous déterminer la meilleure STEP d'un point de vue environnemental ? Si oui, à quelle étape ?

La procédure mène à la conclusion que les filtres plantés de roseaux sont meilleurs que la STEP à boues activées, mais seulement à la dernière étape. Ce résultat est donc à nuancer et montre que les scénarios sont difficilement départageables.

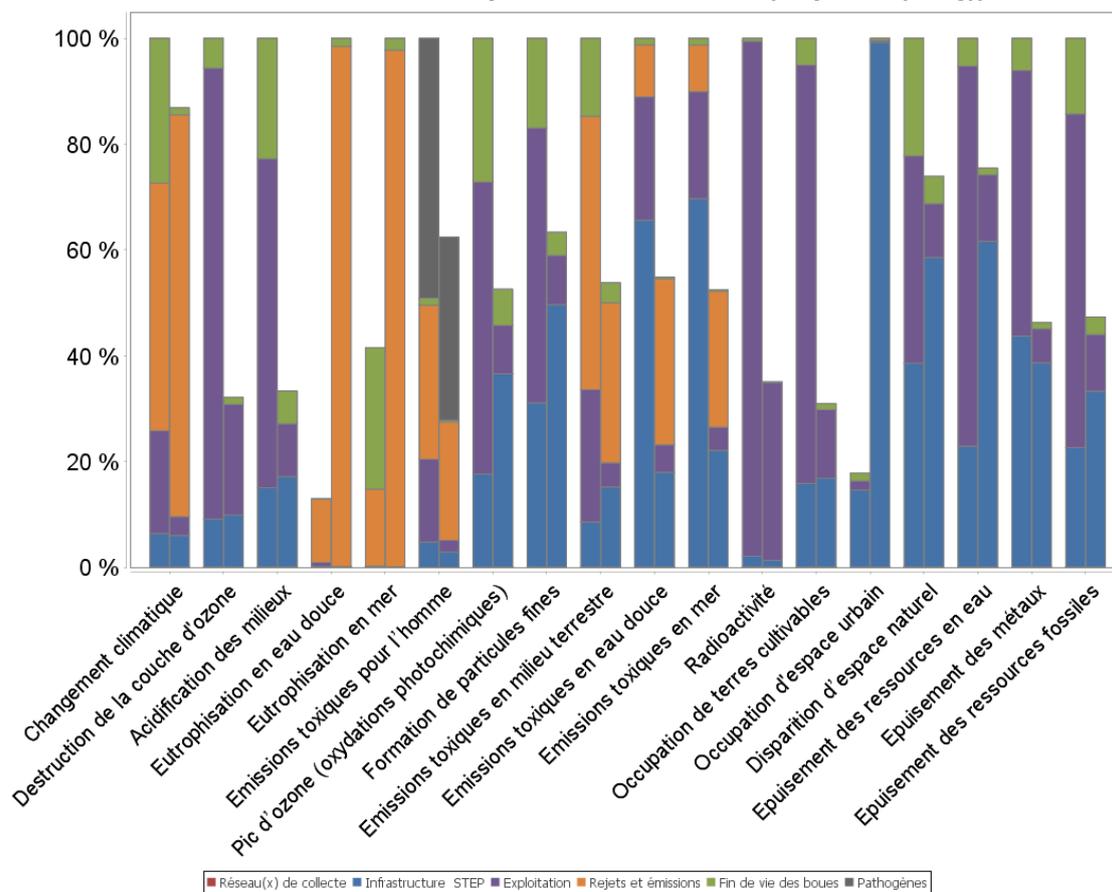
Etape 5 : Dans ce graphique, les catégories de dommages pour lesquelles les différences entre scénarios sont faibles (en dessous d'un seuil d'incertitude propre à chaque catégorie) sont supprimées.



- b. Expliquez les impacts des filtres plantés de roseaux sur l'eutrophisation et l'occupation d'espace urbain.

Les filtres plantés de roseaux sont beaucoup plus impactants pour les deux indicateurs d'eutrophisation à cause de la catégorie « rejets et émissions », et cela s'explique par le fait que l'élimination des nitrates et des phosphates est moins performante dans des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical classiques que dans une STEP à boues activées qui réalise des traitements plus poussés. Concernant l'occupation d'espace urbain, la différence est liée à la catégorie « infrastructure STEP », et cela s'explique par le fait que les filtres plantés de roseaux occupent une surface bien plus importante qu'une STEP à boues activées (filière extensive versus intensive).

### Boues activées / Filtres plantés de roseaux (impacts/(EH·j))



## 2. Ajoutez un traitement du phosphore aux filtres plantés de roseaux et observez l'incidence sur les résultats

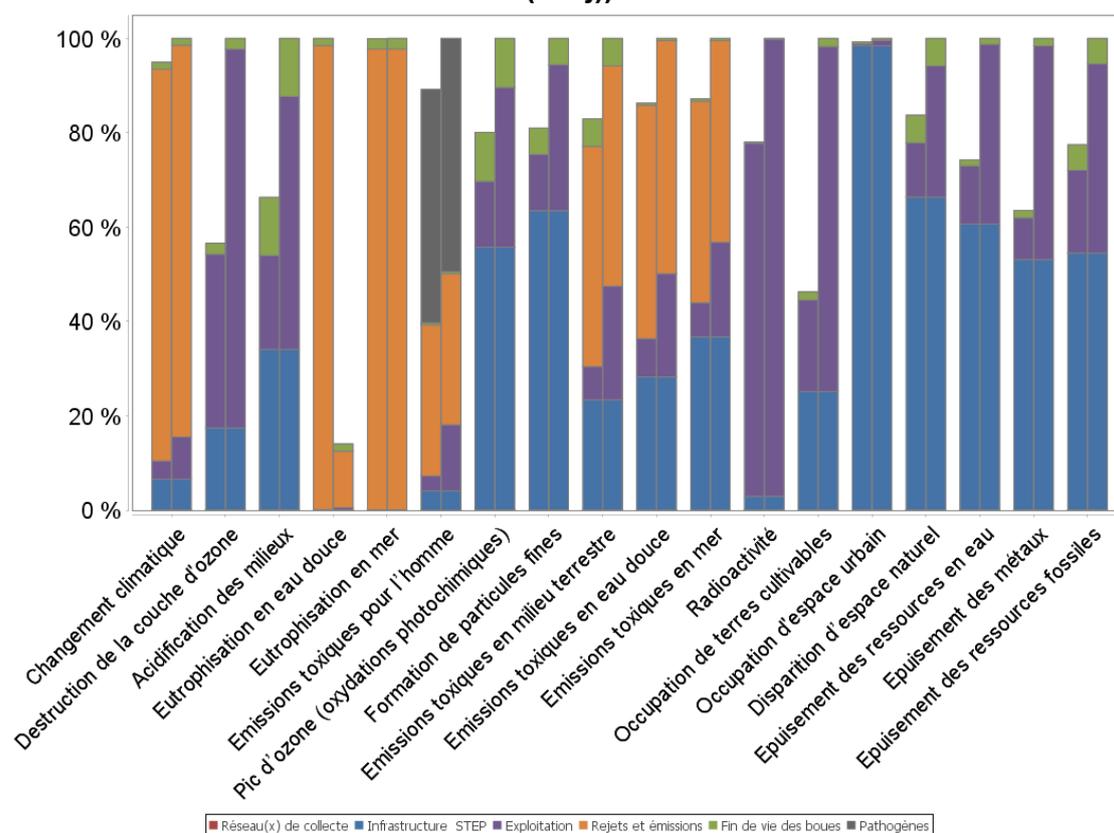
- c. Quelle incidence l'ajout d'un traitement a-t-il sur les impacts ? Vous pouvez cocher/décocher les contributeurs pour faciliter l'interprétation.

Remarque : L'eutrophisation en eau douce est surtout liée aux composés phosphorés et l'eutrophisation en mer est surtout liée aux composés azotés.

L'ajout du traitement permet de réduire très fortement l'impact sur l'eutrophisation en eau douce, mais en revanche tous les autres impacts sont augmentés (sauf l'eutrophisation en mer qui reste identique car aucun traitement de l'azote n'a été ajouté). Cela est dû aux impacts générés par la production et le transport du chlorure de fer et par le surplus de consommation électrique. L'amélioration de la qualité du rejet de la station génère donc des transferts de pollution dans d'autres catégories d'impacts. Cette analyse des transferts de pollution n'est pas possible si on regarde les dommages environnementaux.

Par ailleurs notons que l'infrastructure, la fin de vie des boues et les pathogènes sont identiques dans les deux cas, et que seuls l'exploitation et les rejets changent.

### Filtres plantés de roseaux / Filtres plantés de roseaux + traitement P (impacts/ (EH·j))



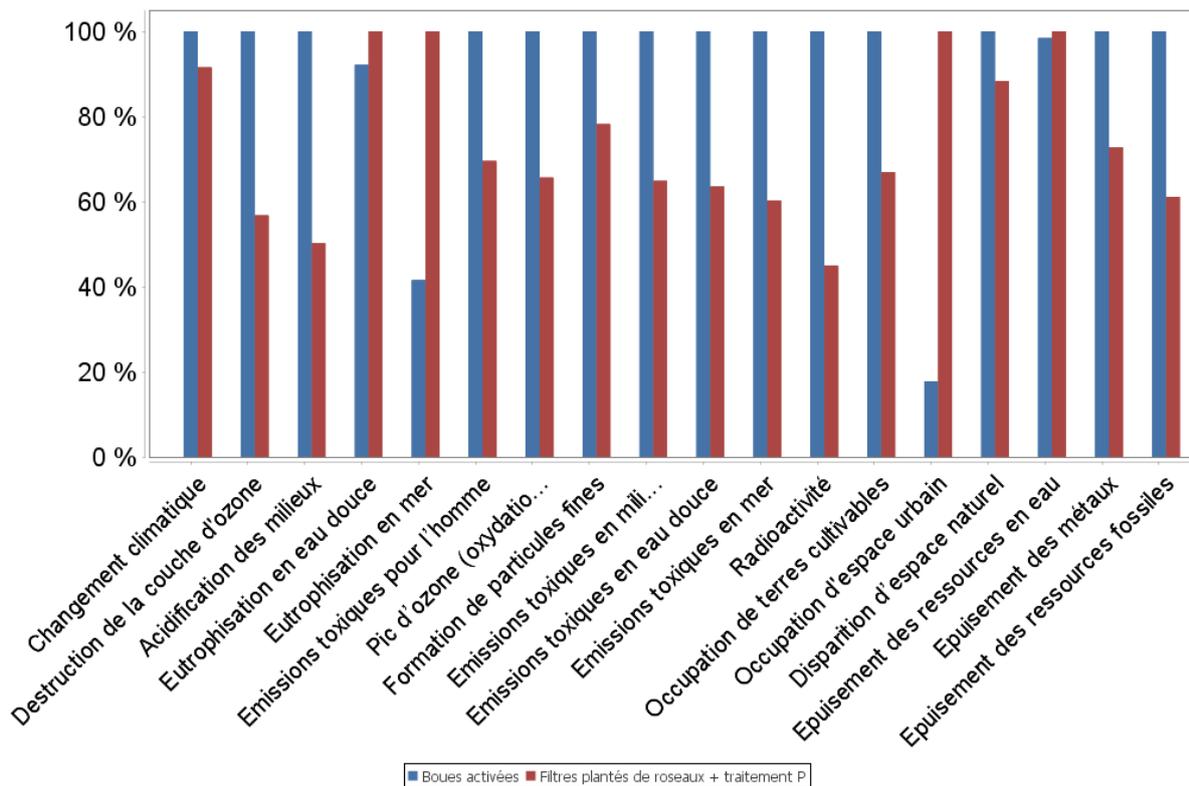
Comparez maintenant la STEP que vous venez de créer avec la STEP « Boues activées, trait. boues par filtre-pressé conditionnement polymères (5 200 EH) », en utilisant la procédure d'aide au choix.

#### d. Qu'en déduisez-vous ?

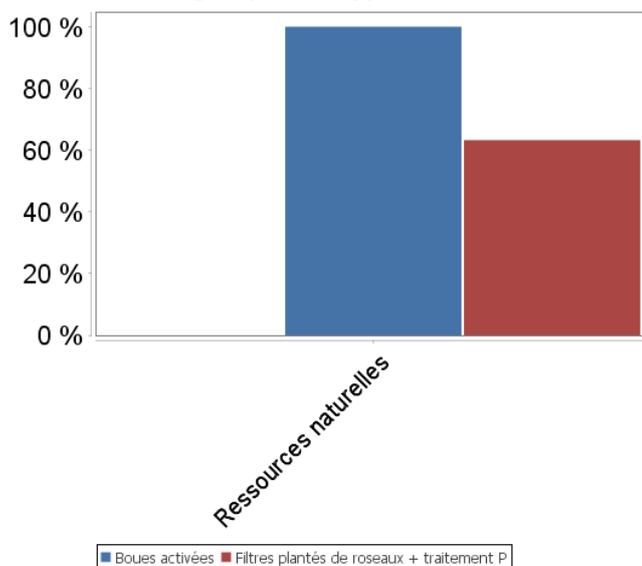
L'étape 1 montre que globalement les écarts entre les deux filières se réduisent, notamment pour l'impact sur l'eutrophisation en eau douce. L'épuisement des ressources en eau est le seul indicateur pour lequel la tendance s'inverse (STEP à boues activées meilleure que filtres plantés de roseaux), mais l'étape 2 montre que cette inversion est non significative. Au final l'étape 5 montre que malgré l'ajout d'un traitement chimique du phosphore, les filtres plantés de roseaux restent avantageux d'un point de vue environnemental.

Attention ce résultat n'est pas une généralité, il dépend des hypothèses faites pour construire les modèles de STEP présents dans le logiciel et l'étude serait à refaire pour d'autres cas spécifiques.

**Etape 1 : Ce graphique est le graphique d'impacts conventionnel classement utilisé en ACV.**

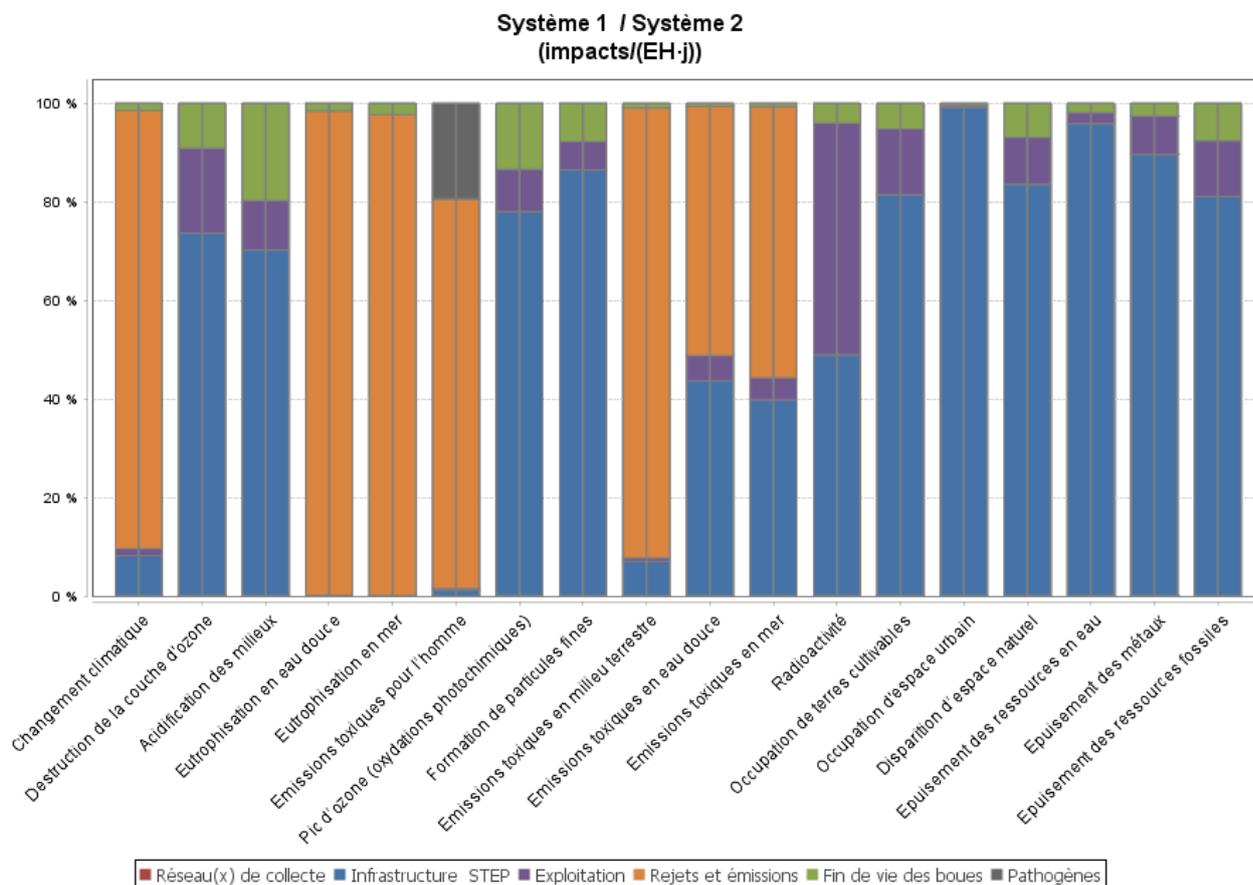


**Etape 5 : Dans ce graphique, les catégories de dommages pour lesquelles les différences entre scénarios sont faibles (en dessous d'un seuil d'incertitude propre à chaque catégorie) sont supprimées.**



## Partie 3 : Calcul d'impact pour un système avec plusieurs entités

Comparaison des 2 systèmes :



a. Comment expliquez-vous ces résultats ?

Attention, une erreur serait de faire le calcul des impacts du système par équivalent habitant pour chaque station et de les sommer ensuite, ce qui reviendrait à avoir environ 2 fois plus d'impacts par EH pour le système 2 dans cet exemple. Le calcul réalisé par ACV4E consiste à évaluer les impacts totaux du système (composé de deux entités dans cet exemple) et à les diviser ensuite par le nombre total d'EH du système:

$$\text{Impact final stations} = \frac{\sum \text{impacts STEPs}}{\sum \text{EH} \times j}$$

Ceci correspond bien à considérer comme Unité Fonctionnelle : « *Traiter les effluents d'un équivalent-habitant pendant un jour* » pour le système entier et non pour chaque entité du système (ce raisonnement est également valable pour les réseaux).

Dans l'exemple pris ici les stations sont identiques dans les deux scénarios. Le système n°2 comprend 2 stations, mais il permet de traiter 2 fois plus d'équivalents habitants par jour. Les deux systèmes sont donc équivalents.